

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA
ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA EN
PARQUES URBANOS MEDIANTE AUTONOMÍA ENERGÉTICA SOLAR**

**AUTOR:
IVÁN ALEXANDER DÍAZ VARGAS**

**TUTOR:
CARLOS GERMÁN PILLAJO ANGOS**

Quito, marzo de 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Iván Alexander Díaz Vargas, con documento de identificación N° 175000518-1, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA EN PARQUES URBANOS MEDIANTE AUTONOMÍA ENERGÉTICA SOLAR**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Nombre: Iván Alexander Díaz Vargas Cedula: 175000518-1

Fecha: Quito, marzo de 2021.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA EN PARQUES URBANOS MEDIANTE AUTONOMÍA ENERGÉTICA SOLAR, realizado por Iván Alexander Díaz Vargas, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2021.



Carlos Germán Pillajo Angos

Cedula de Identidad: 170925511-9

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios

Por todas las bendiciones, protección y cuidado recibidos a lo largo de toda mi carrera universitaria, este proyecto y mi vida.

A mi Padre Patricio Diaz Maldonado

Quien me cuida desde el cielo, por ser ese ejemplo de trabajo, dedicación, entera honestidad, calidad humana y de lucha incluso en los momentos más difíciles de su enfermedad.

A mi Madre Margarita Vargas Salazar

Que con su amor y entero trabajo a lo largo de toda su vida ha dado todo por mí, por la lucha que hasta el día de hoy la mantiene.

A mi Abuelito Humberto Diaz Almeida.

Un ángel más del cielo, que con sus enseñanzas dio siempre una lección nueva a mi formación, quien me enseñó que “No hay que vivir por vivir, hay que vivir bien”, nuestra vida debe de ser aprovechada con buenos momentos, tiempo con la familia, trabajo duro y en gracia de Dios.

A mi hermano Dr. Paul Diaz.

Quien ha sido ejemplo para mí de esfuerzo en su carrera universitaria y personal además de su apoyo brindado a lo largo de mi adolescencia y proceso universitario.

A mi Ahijado Anthony Diaz

De quien quiero ser un ejemplo de la misma manera que mi hermano lo fue para mí.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por la sabiduría otorgada para la realización de este proyecto y gracias a su bendición de pudo lograr la culminación del mismo

Al MSc. Carlos Pillajo A. por su enseñanza, guía y sabiduría al momento de incertidumbre con las problemáticas establecida, paciencia para la elaboración de este proyecto y enorme calidad humana.

A la Universidad Politécnica Salesiana por brindar valores éticos y morales y sus ideales de formar honrados ciudadanos además de buenos cristianos con Excelencia académica.

A mis maestros y maestras por su sabiduría impartida en las aulas y laboratorio y por su paciencia al inculcar su conocimiento a lo largo de toda la carrera universitaria.

Al Ing. Washington Molina por ser un amigo incondicional y compañero de aula, además de brindar su apoyo y facilidad de trabajo con la Empresa CAMAI S.A para la realización de este proyecto.

A mi Tío Augusto Paladines por su apoyo y tiempo en todo momento, por ser incondicional para atender en calidad humana y sus enseñanzas de la palabra de Dios

A mis hermanos Néstor, Omar, Ricardo y Daniel por su apoyo, palabras de aliento y ejemplo a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A Saskya y Miriam por cuidar de mi madre mientras dedicaba mi tiempo en la realización de este proyecto además de brindar un cariño enorme en mi hogar.

A toda mi familia: a mis tíos, tías, primos, primas, sobrinos y sobrinas con sus palabras de aliento a lo largo de mi carrera universitaria

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del Problema	1
Justificación.....	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos.	3
CAPÍTULO 1	4
MARCO CONCEPTUAL.....	4
1.1 SISTEMA DE RIEGO DE CULTIVOS POR MEDIO DE GOTEIO	4
1.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	4
1.2.1 Componentes de en Sistemas Fotovoltaicos	6
1.3 RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL	8
1.3.1 Bandas de Frecuencia	9
1.4 SISTEMA DE CONTROL	10
1.4.1 Sistema de Control Lazo Cerrado	10

1.4.2	Control ON-OFF	11
2	CAPÍTULO 2	12
	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN INICIAL.....	12
2.1	INFORMACIÓN GENERAL.....	12
2.1.1	Objetivo de funcionamiento	12
2.1.2	Descripción del funcionamiento.....	12
2.2	DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL DHC	13
2.2.1	Problemas Detectados	15
2.3	REQUERIMIENTOS	16
3	CAPÍTULO 3	19
	DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	19
3.1	METODOLOGÍA.....	19
3.2	DIMENSIONAMIENTO DE PANEL FOTOVOLTAICO	19
3.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA	21
3.4	ARQUITECTURA DE RED SISTEMA.....	21
4	CAPÍTULO 4.....	23
	IMPLEMENTACIÓN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA CON AUTONOMÍA ENERGÉTICA	23
4.1	SISTEMA DE AUTONOMÍA ENERGÉTICA	23
4.2	CONFIGURACIÓN Y DESIGNACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO. 29	
4.2.1	Red Local configuración de Red Local	29
4.2.2	Asignación de Parámetros de Dispositivos a la Red.....	29
4.2.2.1	<i>Asignación de Módulos ESP8266</i>	29
4.2.2.2	<i>Asignación de Raspberry PI</i>	30
4.2.3	Configuración de comunicación entre Dispositivos	30
4.3	SISTEMA DE CONTROL DEL DHC	32
4.4	APLICATIVO CONECTADO A LA RED.....	40

4.4.1	Arquitectura de DashBoard	40
4.4.2	Dashboard DHC_1 Tiempo Real	40
4.4.3	Dashboard DHC_1 Historial.....	42
4.4.4	Dashboard Registro.....	44
	CONCLUSIONES.....	51
	RECOMENDACIONES	52
	REFERENCIAS	53
1	ANEXOS	54
1	5.1 MANUALES TECNICOS, ANEXOS Y UBICACIÓN EN CAMPO. ...	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistemas Autónomos de Energía.	5
Figura 1. 2. Sistemas Interconectados a la Red.	5
Figura 1.3. Panel Fotovoltaico	6
Figura 1.4. Distribución de Capas	6
Figura 1.5. Batería de respaldo.....	7
Figura 1.6. Regulador de Carga.....	7
Figura 1.7. Componentes de sistema Fotovoltaico.....	8
Figura 1.8. Red Inalámbrica de Área Local	9
Figura 1.9. Canales de Frecuencia Wi-Fi del Ecuador.....	9
Figura 1. 10. Diagrama de Sistema de Control	10
Figura 1.11 Sistema de Control Lazo Cerrado	10
Figura 1.12 Sistema de Control ON-OFF	11
Figura 2.1. Dispositivo Hidratador de Cultivo	13
Figura 2.2 Área designada en el parque Cumandá para los DHC	14
Figura 2.3. Área designada en Jardinera para el DHC	15
Figura 2.4. Sensor tipo boya.....	16
Figura 2.5. Sensor de Humedad de suelo	17
Figura 2.6. Electrobomba sumergible,	17
Figura 3.1. Comunicación Bidireccional ESP y Raspberry por medio de Node Red	22
Figura 4.1. Conexión eléctrica del Sistema Autónomo Energético Solar	24
Figura 4.2 Ubicación del Controlador de carga y Raspberry PI	25
Figura 4.3. Modulo Step Down	26
Figura 4.4. Nivel de Voltaje a la Salida del módulo Step Down	26
Figura 4.5. Vista desde el punto de instalación de Panel Fotovoltaico	27
Figura 4.6. Instalación del Panel Fotovoltaico	27
Figura 4.7. Grado de Inclinação del panel fotovoltaico.	28

Figura 4.8 Grado de Inclinación del panel fotovoltaico.....	28
Figura 4.9. Creación de Red Local.....	29
Figura 4.10 Asignación de Gateway y Mascara de Red.....	30
Figura 4.11. Asignación de dirección de Host, Gateway y Mascara de Red	30
Figura 4.12. Parámetros de conexión.	31
Figura 4.13. Asignación Automática de dirección IP	31
Figura 4.14. Diagrama de Control DHC.	32
Figura 4.15. Diagrama de Control DHC.	33
Figura 4.16. Ubicación de elementos de control y fuerza	34
Figura 4.17. Ubicación de elementos de control y fuerza	34
Figura 4.18. Ubicación de elementos de control y fuerza	35
Figura 4.19 Sensores tipo Flotador en DHC.	36
Figura 4.20 Lógica de Control dos Sensores Nivel tipo Boya.	37
Figura 4.21 Sensor de Nivel de Humedad.....	37
Figura 4.22. Sensor de Nivel de Humedad elementos	38
Figura 4.23. Modulo del Sensor de Nivel de Humedad.	38
Figura 4.24 Modulo ESP8266.	39
Figura 4.25 Modulo ESP8266 ubicado en campo.	39
Figura 4.26. Grupos establecidos del DashBoard	40
Figura 4.27. Dashboard DHC_1 Tiempo Real.	41
Figura 4.28. Dashboard DHC_1 Tiempo Real/ Estado.	41
Figura 4.29. Dashboard DHC_1 Tiempo Real / Nivel	42
Figura 4.30. Dashboard DHC_1 Historial.....	43
Figura 4.31. Dashboard DHC_1 Historial / Estado.....	43
Figura 4.32. Dashboard DHC_1 Historial / Nivel.....	44
Figura 4.33. Dashboard Registro.....	45
Figura 4.34. Graficas en tiempo Real.....	45

Figura 4.35. Graficas Nivel de Liquido Vs Activación de Bomba.	46
Figura 4.36 Consumo de Litro.	46
Figura 4.37. Activación de Bomba Vs registro de Ciclos de Trabajo Historial....	47
Figura 4.38. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Primer Caso	48
Figura 4.39. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Segundo Caso	48
Figura 4.40. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Tercer Caso.....	49
Figura 4.41. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Cuarto Caso	50
Figura 5.1 Conexión del Controlador de Carga	54
Figura 5.2. Display del Controlador de carga solar.....	54
Figura 5.3. Indicador de panel Solar	55
Figura 5.4. Indicador de Conmutación de carga	55
Figura 5.5. Nivel de Batería de Respaldo.....	56
Figura 5.7. Ubicación del Dispositivo Hidratador de Cultivo.....	57
Figura 5.8. Fijación de elementos en campo	57
Figura 5.9. Recubrimiento de elementos electrónicos	58
Figura 5.10. Reservorio Principal.....	58
Figura 5.11. Reservorio Principal y Electrobomba sumergible.	59
Figura 5.12. Electrobomba Sumergible.....	59
Figura 5.13. Datos Técnicos Electrobomba Sumergible	60
Figura 5.14. Electroválvula	60
Figura 5.15. Datos Técnicos Electrobomba Sumergible	61
Figura 5.16. Activación y desactivación del Relé	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Monitoreo de la temperatura interna del prototipo.	4
Tabla 3.1. Calculo de consumo promedio de corriente [A]	20
Tabla 3.2. Calculo de consumo promedio de Potencia [W]	20
Tabla 3.3. Elección de la Electrobomba	21
Tabla 4.1. Tabla de direccionamiento IP	32

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó un sistema de autonomía energética en el cual se utilizó paneles solares encargados de recolectar energía fotovoltaica, controlador de carga y baterías de respaldo, energizando elementos de control, comunicación, sensado de parámetros del sistema y actuadores con sus diferentes voltajes de alimentación ya que se acondicionó dependiendo a niveles de trabajo de tal manera se implementó al Dispositivo Hidratador de Cultivo por goteo. Se desarrolló un sistema de comunicación local que intercambié señales de nivel de agua junto con parámetros de humedad de forma inalámbrica. Se realizó un sistema de control para el llenado de reservorio secundario del dispositivo hidratador de cultivo desde un reservorio principal con el que se empleó un control en lazo cerrado que recibió datos correspondientes al nivel de agua de tal forma se obtuvo que los parámetros de recurso hídrico sean los óptimos para el funcionamiento del sistema se hizo uso de algoritmos lógicos con el cual se cumplió ciclos de trabajo que fueron de ayuda en el escalamiento de la capacidad máxima de reservorio secundario estableciendo una aproximación del consumos del sistema. Se Desarrolló un aplicativo conectado a la red en el que se visualizó información del consumo establecido del proceso con graficas de nivel recurso Hídrico y Humedad, activación de electro bomba con respecto al tiempo, ciclos de trabajo, consumo aproximado en litros, parámetros numéricos y visualizador de Dispositivo Hidratador de cultivo en Campo con su respectiva activación o desactivación desde el aplicativo conectado a la red.

ABSTRACT

In this project, an energetic autonomy system was realised which in solar panels were used to collect photovoltaic energy, charge controller and backup batteries, energizing control elements, communication, sensing of system parameters and actuators with their different feeding voltages since it was conditioned depending on working levels, in that way it was implemented to the crop Moisturizing Device . A local control system was developed which exchanged water level signals together with humidity parameters wirelessly. A control system was made to fill the secondary reservoir of the cultivation hydration device from a main reservoir with which a closed loop control was used to receive data corresponding to the water level in such way that the parameters of water resource are the optimal ones for the operation of the system, logical algorithms were used with which work cycles were helpful in scaling up the maximum capacity of the secondary reservoir, establishing an approximation of the system's consumption. A network application was developed which visualices the information on the established consumption of the process graphs if the hydric and humidity resource level were displayed. The activation of the electric pump respecting on time, working cycles, approximate consumption in liters, numerical parameters and Hydrating Device displaying for field cultivation with its respective activation or deactivation from the network application

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del Problema

La contaminación generada por la gran magnitud de recursos utilizados para producción de energía eléctrica es enorme, esto se debe a la necesidad de satisfacer la demanda a nivel mundial, lo que a su vez ha generado enormes efectos en el cambio climático. Una de las causas se manifiesta en la necesidad de producir, convertir y transportar dicha energía eléctrica ya que esto implica la intervención de diversos equipos tanto tecnológicos como mecánicos.

La importancia del cuidado de plantas es alta, debido a que producen oxígeno, el cual es esencial para la respiración celular por medio de la absorción de dióxido de carbono en el proceso de fotosíntesis, reducción de efecto invernadero y calentamiento global, es decir limpian y purifican el aire esencial para los seres vivos.

Los DHC equipos encargados de realizar un sistema de riego por goteo, diseñado para parques Urbanos, instalados en el parque Cumandá son fabricados en material frágil, actualmente el llenado de sus repositorios es netamente mecánico, es decir un operario se debe trasladar donde se encuentra ubicado al dispositivo, extraerlo con sumo cuidado de la tierra, realizar el proceso manual de llenado y volverlo a colocar en el espacio que ocupaba.

En dicho proceso los dispositivos han presentado rupturas en 3 de cada 5 extracciones lo cual ha generado una problemática debido a que para la fabricación de las piezas de repuesto se estima una temporalidad de 2 a 4 días laborales en procesos de manufactura y transporte de piezas de repuesto, tiempo durante el cual el DHC no puede cumplir con su funcionalidad, ya que las piezas con mayor frecuencia a tener rupturas son los elementos encargados de dar soporte y conducto de distribución de agua a las raíces.

Además, en 2 de cada 5 rupturas de piezas registradas el operario no percibe dicha fractura en sus componentes lo que ocasiona que el dispositivo presente un mayor tiempo de paro en su proceso siendo este revisado y rellenado una vez por semana, es

decir el dispositivo pierde su funcionamiento en casos registrados cerca de 2 semanas, ocasionando deshidratación en el cultivo.

Finalmente, al ser un sistema mecánico no se cuenta con un registro de validación de datos para corroborar el funcionamiento del equipo sin la verificación de parámetros de funcionamiento tales como nivel de agua de los reservorios y la humedad que se presenta en el suelo. En lo cual surge la idea de implementación para un sistema de control de llenado de reservorios para sistemas de hidratación de cultivo por goteo con autonomía energética.

Justificación

La implementación de un sistema automático de llenado de reservorios y registro de consumo de agua mediante autonomía energética y de esta manera se permita reducir la manipulación de los DHC en consecuencia disminuyendo la posibilidad de daños a las pizas de sujeción y distribución del equipo.

El uso de energía solar para alimentar sistemas de riego está relacionado directamente, debido a que la variación de la humedad del suelo depende de la intensidad de la radiación solar, es decir a mayor calor generado, la tierra tiende a estar más seca, a su vez genera una mayor carga en las celdas fotovoltaicas obteniendo potencia para suministrar a los equipos de bombeo de agua.

La adquisición de datos en un sistema de monitoreo representa ventajas notorias en el manejo de procesos, como por ejemplo la aplicación de conjunto de normas que ayudan al personal operativo en la detección de fallos, obteniendo diagnóstico de posibles causas y toma de decisiones para generar soluciones oportunas

Objetivos

Objetivo General

El objetivo general planteado para este proyecto es desarrollar la automatización del sistema de Dispositivo Hidratador de cultivo (DHC) por medio de autonomía energética solar, control, supervisión local y almacenamiento de registros de

parámetros para su funcionamiento en un área establecida de parques urbanos de Quito.

Objetivos Específicos

- Implementar un sistema de autonomía energética solar para la alimentación de sensores, actuadores y módulos de comunicación por medio de paneles solares y baterías de respaldo.
- Desarrollar un sistema de comunicación local direccionada a la red para la realización de peticiones de llenado y registros de parámetros de funcionamiento por medio de adquisición de datos de nivel de agua y humedad de forma inalámbrica.
- Implementar un sistema automático de control y monitoreo para llenado de reservorio del DHC por medio de un control en lazo cerrado, comunicación entre dispositivos y petición de llenado desde reservorio principal.
- Desarrollar un aplicativo conectado a la red para la visualización del estado del sistema por medio de envío de información a un servidor principal de almacenamiento de datos.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 SISTEMA DE RIEGO DE CULTIVOS POR MEDIO DE GOTEO

El funcionamiento del dispositivo consiste en un sistema de riego utilizando energía solar el cual calienta el cuerpo de la estructura produciendo un aumento en la temperatura interna que permite la ebullición del agua ubicada en el reservorio, este cuenta con una estructura que permite que el agua evaporada fluya por los soportes que son huecos para una distribución directa hacia las raíces del cultivo representando un ahorro del 70% en consumo de agua comparándolo con sistemas de riego convencional tal como el sistema de aspersores. (Rivera, 2019, pág. 50).

El dispositivo de irrigación de cultivo fabricado en PLA plástico hace uso de energía solar para calentar su temperatura interna, que registrada temperatura entre 33 - 54°C como se puede observar en la tabla 1.1. En condiciones normales de 10:00am 12:00pm dotando de 50 ml de agua (Rivera, 2019, pág. 50).

Tabla 1.1 Monitoreo de la temperatura interna del prototipo. (Rivera, 2019, pág. 51)

Temperatura ambiente [°C] 8:00am	Temperatura ambiente [°C] 10:00am	Temperatura ambiente [°C] 12:00pm	Temperatura ambiente [°C] 2:00pm	Temperatura ambiente [°C] 4:00am
26	33	54	52	39

1.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos son capaces de generar energía por medio de recurso renovable haciendo el uso de los rayos solares. (Grijalva&Velez, 2020, pág. 45)

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser de dos tipos, sistemas autónomos y sistemas interconectados a la red, sin incluir combinaciones o variantes. (Cepeda, 2018, pág. 3)

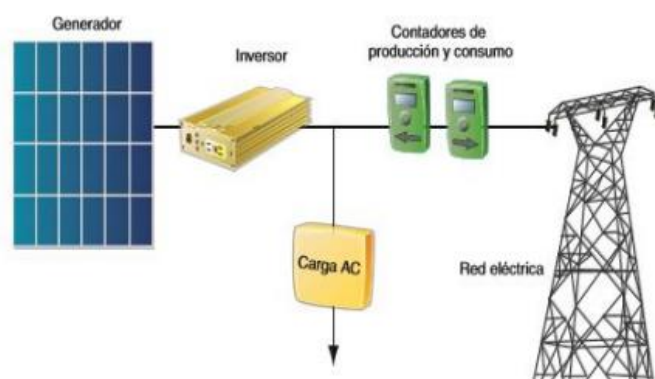
Los sistemas autónomos de energía constan de un panel fotovoltaico a disposición del circuito a alimentar además de baterías de almacenamiento junto con reguladores de carga, como se indica en la figura 1.1. (Cepeda, 2018, pág. 3)

Figura 1.1. Sistemas Autónomos de Energía. (Cepeda, 2018, pág. 3)



Los sistemas interconectados a la red cuentan con una mayor cantidad de elementos en los cuales se incluye una red de eléctrica para llegar a una mayor distancia además del uso de inversores y medidores de consumo como se indica en la figura 1.2. (Cepeda, 2018, pág. 3)

Figura 1. 1. Sistemas Interconectados a la Red. (Cepeda, 2018, pág. 3)



1.2.1 Componentes de en Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico está conformado principalmente por los siguientes elementos:
(Cepeda, 2018, pág. 3)

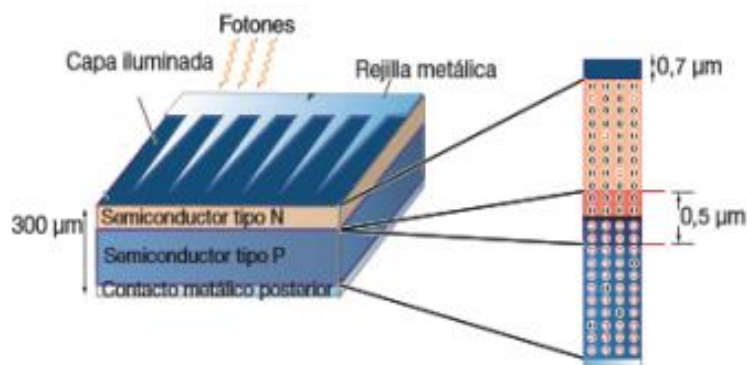
Panel Fotovoltaico. - El efecto fotovoltaico se genera por medio de la conversión al recibir energía directa continua de los rayos solares en cual a su vez entrega al sistema energía en DV dependiente de la exigencia y dimensionamiento del panel como se indica en la figura 1.3.

Figura 1.3. Panel Fotovoltaico (Cepeda, 2018)



Se encuentra fabricado en celdas de silicio que funcionan como un semiconductor, donde se tienen tipo P y N para la conducción de la energía eléctrica como se indica en la figura 1.4.

Figura 1.4. Distribución de Capas (Cepeda, 2018)



Baterías. – Su principal función es el almacenamiento de energía otorgando carga a los elementos eléctricos cuando exista una baja magnitud generada o la incidencia solar sea nula. Se indica como ejemplo en la figura 1.5.

Figura 1.5. Batería de respaldo



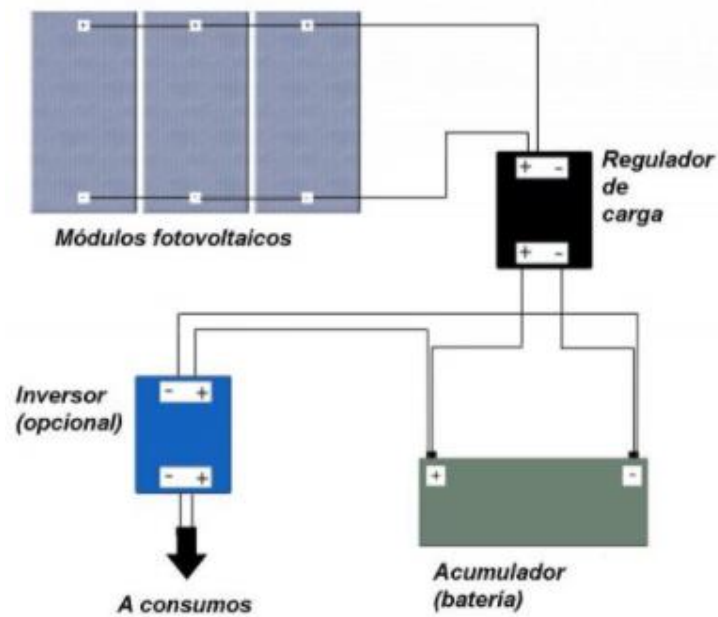
Regulador de Carga. – Encargado de realizar la descarga de energía de la batería además de ser el enlace entre el dispositivo de almacenamiento y el panel fotovoltaico, otra de sus funciones de mantener niveles estables de energía para alimentar circuitos DC o posteriormente mantener una conexión con un inversor en caso de necesitar energía en AC. Se indica como ejemplo en la figura 1.6.

Figura 1.6. Regulador de Carga (Cepeda, 2018)



De tal manera juntando todos estos elementos se obtiene un sistema con autonomía energética a base de energía solar como se indica en la figura 1.7.

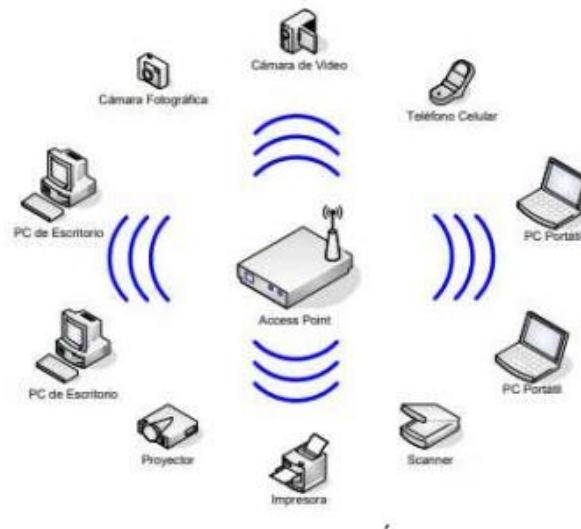
Figura 1.7. Componentes de sistema Fotovoltaico. (Eliseo, 2018)



1.3 RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL

Una red de área local se denomina a una red pequeña tal como hogares o empresas en donde cada uno de los equipos están interconectados al resto como se indica en la figura 1.8., la cual utilizan ondas electromagnéticas con la finalidad de enviar y recibir de datos. (Tintin, 2018, pág. 17)

Figura 1.8. Red Inalámbrica de Área Local. (Díaz, 2018, pág. 15)

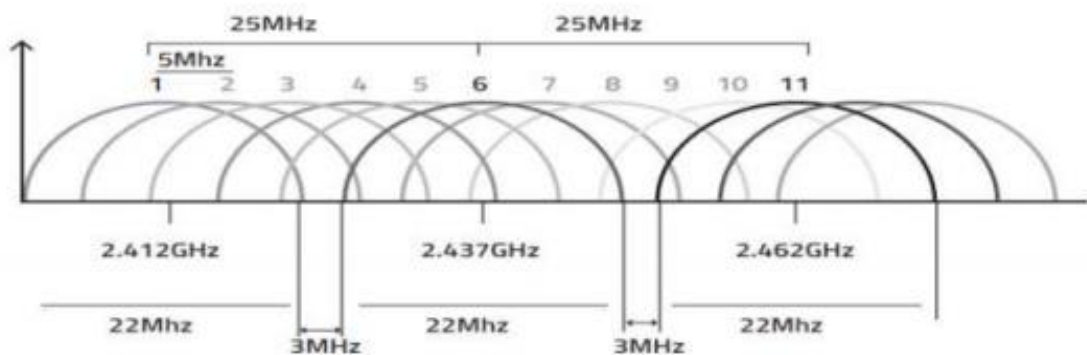


1.3.1 Bandas de Frecuencia

Dentro de los espectros de frecuencia existen dos bandas las cuales son 2.4GHz y 5GHz, cada una de ellas se subdivide en varios canales (Díaz, 2018, pág. 21)

En las redes WLAN usa los estándares 802.11 / 802.11b / g / n, que pueden dividirse en canales que van desde (2.4000 a 2.4835) como se indica en la figura 1.9. que tiene como una de la principal ventaja la tolerancia a obstáculos teniendo una menor atenuación dando una mejor cobertura, además de la compatibilidad con dispositivos Wifi sin uso de licencias para su funcionamiento. (Díaz, 2018, pág. 22).

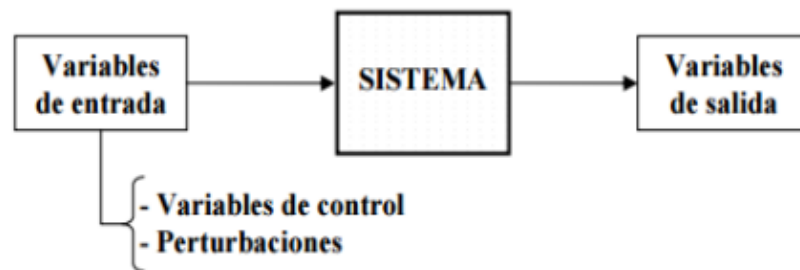
Figura 1.9. Canales de Frecuencia Wi-Fi del Ecuador (Díaz, 2018, pág. 22)



1.4 SISTEMA DE CONTROL

Es control se define como la configuración de componentes conectados físicamente de tal forma que el resultado de dicho arreglo logre dirigir, comandar o regular variables de entrada para obtener un resultado que cumpla con las exigencias de funcionamiento del sistema a controlar. cómo se indica en la figura 1.10. (Iturralde, 2017, pág. 104).

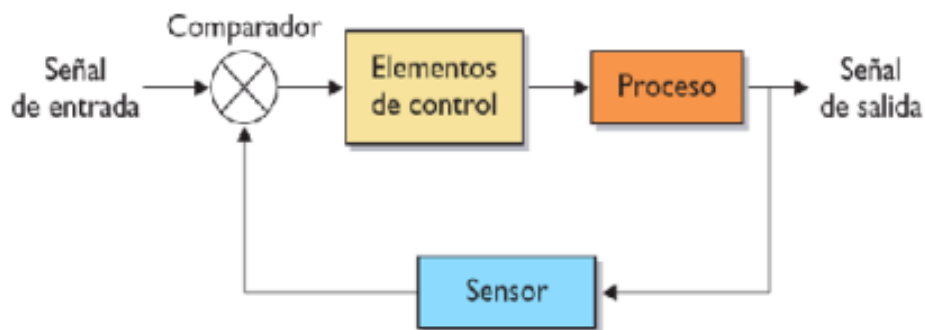
Figura 1. 10. Diagrama de Sistema de Control (Iturralde, 2017, pág. 104)



1.4.1 Sistema de Control Lazo Cerrado

Un sistema de control lazo cerrado establece una relación entre la salida de señal o variable controlada y la acción de control o variable de control como se indica en la figura 1.11., es decir posee una retroalimentación para la corrección, tiende a reducir la diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida corrigiendo el error del sistema. (Iturralde, 2017, pág. 106)

Figura 1.11 Sistema de Control Lazo Cerrado (Iturralde, 2017, pág. 108)

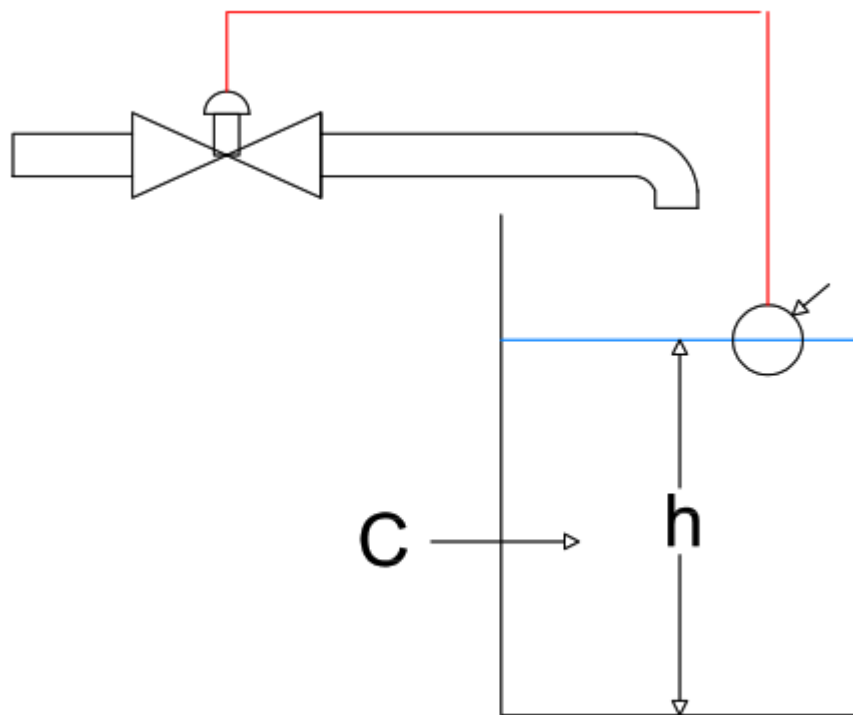


1.4.2 Control ON-OFF

El control ON-OFF contempla dos tipos de posiciones en un sistema que son encendido y apagado, una de las ventajas del este tipo de operaciones es que son sencillas y económicas, situación por la cual su uso es muy requerido tanto en la industria como en hogares. (Iturralde, 2017, pág. 111)

Su uso en electroválvulas es muy común debido a la activación de selenoides eléctricas, además de controladores neumáticos con ganancia muy elevada de igual manera pueden ser empleados para un control ON-OFF, es muy usado en sistemas de control de líquido como se indica en la figura 1.12. (Iturralde, 2017, pág. 111)

Figura 1.12 Sistema de Control ON-OFF



CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN INICIAL

2.1 INFORMACIÓN GENERAL

En el parque Cumandá Existen instalados cinco DHC su objetivo principal es la irrigación de huertos en parques urbanos, de modo que se permite un suministro de agua por goteo usando energía solar para evaporar el agua que se almacena en su reservorio principal, el llenado de dicho reservorio requiere la intervención del personal que tiene como primer paso el extraerlo de la tierra, luego desarmar el dispositivo retirando la tapa, llenarlo con agua y finalmente volverlo a introducir en el suelo que fue extraído.

Por motivos referentes a la pandemia del COVID-19 los permisos y el acceso a las oficinas se han cancelado de forma indefinida por lo que se realizaron las pruebas a similares condiciones en conjunto residencial con el uso de un DHC de forma práctica estableciendo las mismas condiciones de uso y ambientales similares al del parque Cumandá.

2.1.1 Objetivo de funcionamiento

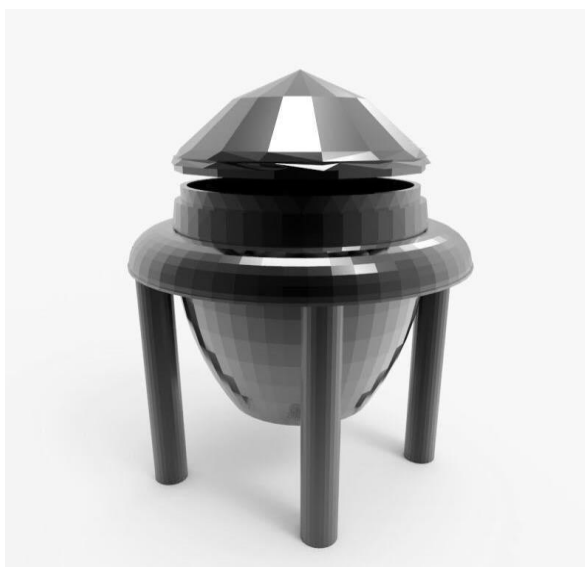
Al ser un dispositivo orientado al aprovechamiento de recursos hídricos este permite ahorrar agua por medio de goteo directo al cultivo, otorgando hidratación a cultivos incrementando la eficiencia debido a que se elimina pérdidas por evaporación en el ambiente como es el caso de los sistemas de riego tradicional como por ejemplo aspersores.

2.1.2 Descripción del funcionamiento

El DHC figura 2.1., fabricado en PLA plástico de color negro, con la finalidad de aprovechar la absorción de calor, por medio de radiación solar evapora el agua en su interior que a su vez se condensa y en sus paredes y distribuyendo por medio de sus

soportes que tienen forma tubular y van conectadas directamente a la tierra evitando que el agua se escape en en medio ambiente.

Figura 2.1. Dispositivo Hidratador de Cultivo (Rivera, 2019, pág. 48)



2.2 DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL DHC

En parques urbanos de Quito existen sistemas de almacenamiento y riego tradicional que no permiten el buen aprovechamiento de recursos hídricos siendo el caso de los sistemas de riego por aspersores que, debido a medios físicos, como evaporación por la radiación solar representan pérdida.

En vista a esta problemática se han implementado en el parque Cumandá ubicado en el antiguo terminal de Quito, la cantidad de cinco DHC los cuales tienen un funcionamiento netamente mecánico y no permiten una comunicación para revisión de parámetros de funcionamiento o rupturas por incidentes ocasionados por factores externos personas o animales). cómo se indica en la figura 2.2.

Figura 2.2 Área designada en el parque Cumandá para los DHC



Estos dispositivos, al ser frágiles han representado rupturas en sus componentes debido a que requiere la extracción de la tierra al momento de realizar el llenado de su reservorio interno de agua, generando que este no cumpla con su cometido por un periodo largo de tiempo, estos equipos cuentan con una frecuencia de revisión de una vez por semana o cada 15 días, la disponibilidad de personal operativo no abastece para que estos tengan una inspección frecuente, la cual es necesaria por la incidencia de averías en el sistema, además de la carencia de informes y estados de funcionamiento del sistema.

Debido a la pandemia generada a nivel mundial los permisos de trabajo de forma interna han sido cancelados de forma indefinida por tanto se ha buscado la manera de establecer similares condiciones a las que están sujetas los DHC, de tal manera las pruebas del proyecto se realizaran en un conjunto residencial (Conjunto Amaneces) en un área verde donde se disponga vegetación para poder corroborar el funcionamiento de la automatización y autonomía energética del proyecto como se indica en la figura 2.2.3

Figura 2.3. Área designada en Jardinera para el DHC



2.2.1 Problemas Detectados

El principal problema se presenta en los tiempos empleados para corregir un daño en el DHC, debido a que, en detectar una anomalía, posteriormente realizar petición de repuestos, manufactura de la pieza a remplazar, tiempos de entrega y reparación del daño generado establece un periodo promedio de 1 a 2 semanas, en el cual el dispositivo se encuentra inactivo, es decir incapaz de cumplir con su funcionamiento ya sea parcial o completamente.

Además de la necesidad de la extracción de los equipos para el llenado de su reservorio interno lo que en varias ocasiones ha generado ruptura en sus componentes de sujeción, además de la falta de gestión de parámetros de funcionamiento de los cuales se lograron detectar humedad del suelo y nivel de agua.

Al plantear una solución tecnológica se observa que los DHC no cuentan con una fuente de alimentación cercana para sensores, actuadores, dispositivos de control y

comunicación, debido a su ubicación a la intemperie y no contar con una fuente conectada a la red de distribución convencional.

2.3 REQUERIMIENTOS

Para el control de llenado y almacenamiento de parámetros de funcionamiento de los DHC se requiere una alimentación de energía renovable solar basada en paneles fotovoltaicos que permita proporcionar la potencia necesaria para el funcionamiento del sistema y cada uno de sus componentes.

Se requiere la implementación de sensores, encargados de receptar señales de nivel de líquido en reservorios y humedad del suelo, actuador para la distribución de agua desde un reservorio principal de almacenamiento de agua, dispositivos de control con la función de ejecutar algoritmos lógicos por medio de una filosofía de control con la finalidad de establecer un sistema que permita relacionar las señales de entrada y activar el actuador dependiendo las necesidades requeridas para un óptimo funcionamiento y comunicación por medio de protocolos con un medio inalámbrico.

- **Sensores de Nivel y Humedad**

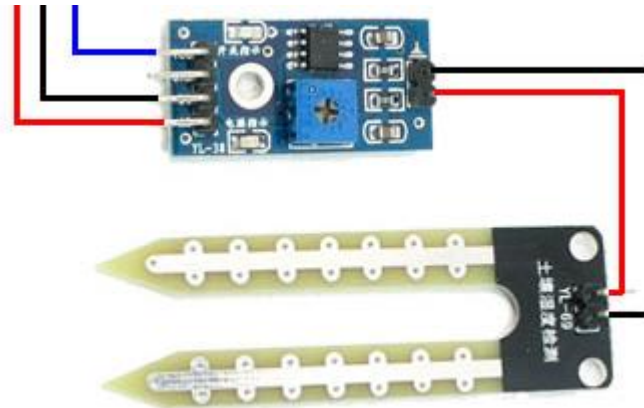
Estableciendo señales que permita verificar nivel óptimo de líquido para gestionar peticiones de llenado del reservorio propio del DHC, almacenamiento de datos que permitir establecer datos de consumo de recurso hídrico como se indica en la figura 2.4.

Figura 2.4. Sensor tipo boya



Verificación de parámetros de humedad con un sensor correspondiente a la figura 2.5. para establecer si el dispositivo se encuentra hidratando de manera normal a los parámetros esperados del DHC o si registra valores excesivos o escasos y determinar una posible falla mecánica

Figura 2.5. Sensor de Humedad de suelo



- **Electro Bomba**

Para trasladar fluidos desde el reservorio principal a los reservorios de cada DHC con la bomba indicada en la figura 2.6.

Figura 2.6. Electrobomba sumergible,



- **Dispositivos de Control y Comunicación**

Adquiere, procesa y envía datos para la activación de señales y almacenamiento de datos por medio de protocolos de comunicación inalámbrica 802.11n.

- **Sistema Autónomo de Energía**

Paneles fotovoltaicos encargados de transformar energía solar a eléctrica además de reguladores de voltaje para mantener niveles de voltaje operables para los equipos, banco de baterías y elementos de protección para evitar daños en equipos electrónicos.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA PROPUESTA

3.1 METODOLOGÍA

Se utilizará el método analítico en la elección de elementos correspondientes al sistema autónomo de energía solar con la finalidad de determinar la alimentación suficiente para sensores, actuadores y módulos de comunicación por medio de paneles solares y baterías seccionando etapas de control y potencia dimensionando la cantidad de energía necesaria para el sistema.

Para la segunda etapa se empleará el método científico inductivo en el desarrollo del sistema local de comunicación direccionada a la red para la conectividad tanto en la red interna de control como para la conectividad a la red, elección de periodos de adquisición de datos, almacenamiento y visualización de datos.

En tercera etapa mediante el método sistemático se contempla las múltiples para la programación del algoritmo en sus etapas del sistema automático para el control de riego por medio de un control lazo cerrado, además de la configuración de comunicación entre los DHC y el reservorio mediante métodos de prueba y error, modificando y probando el algoritmo hasta que cumpla con su alcance ya que actualmente el sistema actual requiere manipulación del DHC por un operario

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE PANEL FOTOVOLTAICO

Para la Autonomía energética se ha tomado en cuenta el consumo de corriente, el número de dispositivos y el tiempo de uso estimado en base a puntos críticos establecidos por una señal de humedad de suelo, en puntos específicos del día en los cuales se han detectado mayor incidencia como se puede visualizar en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Calculo de consumo promedio de corriente [A]

DESCRIPCIÓN	CORRIENTE[A]	CANTIDAD	Total [A]
BOMBA	0,5	1	0,5
ESP8266	0,1	1	0,1
ELECTROVÁLVULA	0,2	1	0,2
SENSORES	0,05	3	0,15
ELEMENTOS INDICADORES	0,02	3	0,06
MÓDULOS REGULADORES DE ENERGÍA	0,03	3	0,09
MÓDULOS DE RELÉS DE ACCIONAMIENTO	0,01	2	0,02
TOTAL[A]a 12[v]			0,81
TOTAL[A]a 5[v]			0,31

De esta manera se puede establecer un valor nominal para la elección del panel fotovoltaico tomando en cuenta la potencia requerida en las dos diferentes alimentaciones para los circuitos de fuera, mando y módulos de comunicación de tal manera de selecciona a partir de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Calculo de consumo promedio de Potencia [W]

DESCRIPCIÓN	Potencia [W]
Potencia a 12V	4,05
Potencia a 5V	1,55
TOTAL POTENCIA	5,6
ESCALABILIDAD (25%)	7
POTENCIA NOMINAL	10

Como resultado se puede observar que el panel con potencia nominal más cercano a los procesos a realizar seria de 10W.

3.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA

Se ha buscado una bomba conforme a la tabla 3.3. Capaz de solventar la tolerancia en exigencia de THD (Punto Dinámico de trabajo) tomando en cuenta la altura máxima de trabajo de 0.40 metros de la ubicación de la bomba y durabilidad del equipo para evitar mantenimiento correctivo y solo tener mantenimientos preventivos.

Tabla 3.3. Elección de la Electrobomba

Tiempo de Vida Útil		
Capacidad (L)	Ciclo de Llenado por Semana	Capacidad por Semana
0,7	1	0,7

Tiempo de Vida (H)	3000
Caudal (L/H)	200
Caudal (L/S)	0,06
Tiempo de uso por Semana (S)	12
Vida Útil (L)	10800
Semanas de uso Aproximado	15000

3.4 ARQUITECTURA DE RED SISTEMA

Inicialmente se tiene una comunicación entre la Raspberry Pi4 y el módulo ESP8266 como se observa en la figura 3.1. para envío y recepción de datos por medio de Node Red para una comunicación bidireccional, usando sus herramientas de programación visual (DashBoard), además de la conectividad que permite la asociación de un módulo con conectividad wireless a través del envío y recepción de paquetes de paquetes, junto con un ordenador Raspberry PI para la conexión directa y una computadora externa con Windows con la función de un cliente del servicio.

Figura 3.1. Comunicación Bidireccional ESP y Raspberry por medio de Node Red
(Foundation, 2020)



CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA CON AUTONOMÍA ENERGÉTICA

En este capítulo se detalla el desarrollo del sistema automático para el almacenamiento y registro del recurso hídrico en Dispositivos Hidratadores de Cultivo utilizando lógica de control para cumplir con parámetros de almacenamiento del reservorio gracias a la lectura de sensores ubicados en campo, junto con Autonomía energética haciendo uso de energía solar y la visualización y registro de datos correspondientes al sistema de cultivo por goteo.

4.1 SISTEMA DE AUTONOMÍA ENERGÉTICA

Para el sistema autónomo Energético se hace la utilización de Panel Fotovoltaico de 10 W conectado a un sistema de control de carga, además de una batería que se encarga de almacenamiento de energía en DC para solventar las necesidades de alimentación de los equipos de control, actuadores y módulos de comunicación.

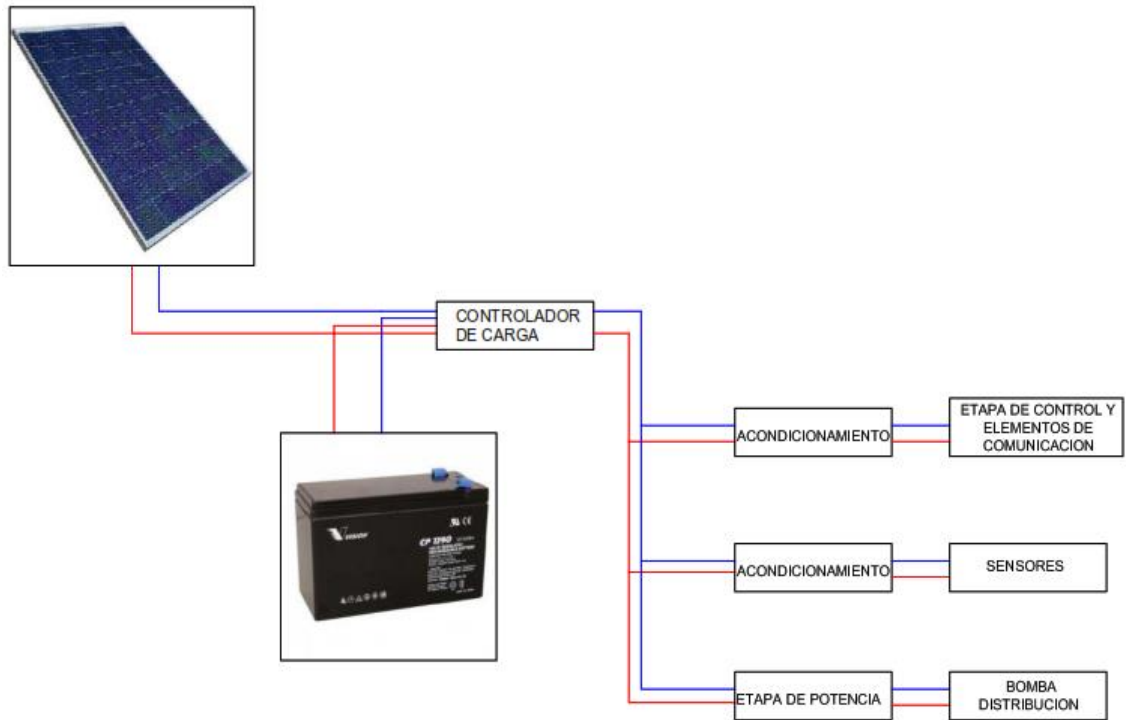
El controlador de Carga permite un acondicionamiento de voltaje para el sistema de control y la energización de los módulos de comunicación con una salida USB que proporciona 5VDC, adicional posee una salida de 24VDC que se utiliza para la alimentación de las cargas destinadas del control de la Electrobomba.

El panel fotovoltaico se coloca en dirección al Este debido a la mayor incidencia solar en el amanecer junto con un grado de inclinación según lo recomienda los fabricantes, además de la ubicación en una localización alta para evitar que objetos bloqueen los rayos solares de forma directa disminuyendo la cantidad de carga fotoeléctrica.

Finalmente se procede a separar los circuitos con diferentes alimentaciones como se observa en la figura 4.1. siendo así que los sensores, modulo controlador y de

comunicación reciben la misma línea de alimentación, mientras que el circuito de fuerza tiene medio de polarización diferente.

Figura 4.1. Conexión eléctrica del Sistema Autónomo Energético Solar



A continuación, se indicará con registros fotográficos el funcionamiento, componentes y ubicación del sistema en campo.

Como se muestra en la figura 4.2 El Controlador de Carga se encuentra fijado en la pared, además de tener el Servidor (Raspberry PI), estos equipos se encuentran en un ambiente cerrado y protegidos de la intemperie debido a la importancia dentro del sistema que influyen, el controlador de carga se encarga de distribuir la alimentación a los dispositivos de control, sensado, comunicación y actuadores junto con la ayuda de un módulo Step Down.

Figura 4.2 Ubicación del Controlador de carga y Raspberry PI



La instalación se la ha realizado por canaletas para cuidar la estética, además de mantener la organización del cableado tanto de fuerza como de control.

El módulo Step Down que se indica en la figura 4.3. se lo implementó para disminuir la intensidad de voltaje debido a que el controlador de carga tiene a su salida un voltaje de 24VDC, tomando en consideración que el circuito de mando esta dado por elementos que funcionan a 12VDC, la variación de voltaje se realizó con el potenciómetro de precisión incorporado en el módulo.

Figura 4.3. Modulo Step Down



En la medición de voltaje a la salida del módulo se ajusta el potenciómetro de precisión para tener un voltaje aproximado a 12 VDC como se muestra en la figura 4.4

Figura 4.4. Nivel de Voltaje a la Salida del módulo Step Down



El panel fotovoltaico se muestra en la figura 4.5. se procedió a instalar en una terraza ubicada frente a la jardinera donde se encuentra instalado el dispositivo Hidratador de cultivo.

Figura 4.5. Vista desde el punto de instalación de Panel Fotovoltaico



Con esta ubicación se puede obtener una línea directa sin obstáculos de objetos que cubran al panel y evitar la recepción de energía fotovoltaica dicha instalación se muestra en la figura 4.6

Figura 4.6. Instalación del Panel Fotovoltaico



Cuenta con su propia base acoplada de tal manera que tenga un grado de inclinación para una mejor captación fotovoltaica como se muestra en la figura 4.7.

Figura 4.7. Grado de Inclinación del panel fotovoltaico.



El cableado externo que se indica en la figura 4.8. lleva los terminales positivos y negativos del panel fotovoltaico directamente al Controlador de carga posteriormente físicamente en la acometida eléctrica se dispone a entregar las diferentes líneas de alimentación del circuito de 12VDC y 5VDC

Figura 4.8 Grado de Inclinación del panel fotovoltaico.



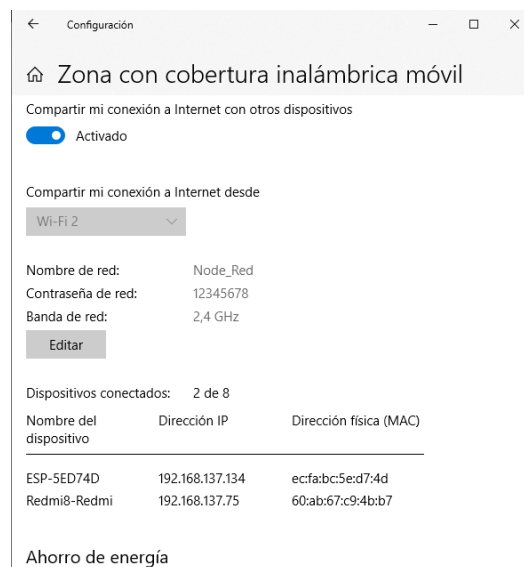
4.2 CONFIGURACIÓN Y DESIGNACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO

4.2.1 Red Local configuración de Red Local

Se crea una red local interna con una banda de red de 2.4GHz, esto se debe a la compatibilidad de los módulos con dichos parámetros, presenta incompatibilidad con redes de 5.0GHz, el número de dispositivos es facultativo dependiendo de la cantidad de direcciones IP que estarán conectados.

Se establece una red con banda de 2.4 GHz como se observa en la figura 4.9. debido a que los dispositivos ESP8266 no trabajan con frecuencias de 5.0 GHz, los dispositivos al momento de intentar conectarse el router no logra otorgar una dirección IP.

Figura 4.9. Creación de Red Local.



4.2.2 Asignación de Parámetros de Dispositivos a la Red

4.2.2.1 Asignación de Módulos ESP8266

En caso de los módulos ESP8266 la asignación se la hace de forma automática con servicio de DHCP como se observa en la figura 4.10., directamente desde la red de

Origen, programando dicho servicio mediante líneas de comando, estableciendo la dirección de Mascara de Red Junto con la dirección de Gateway o puerta de enlace.

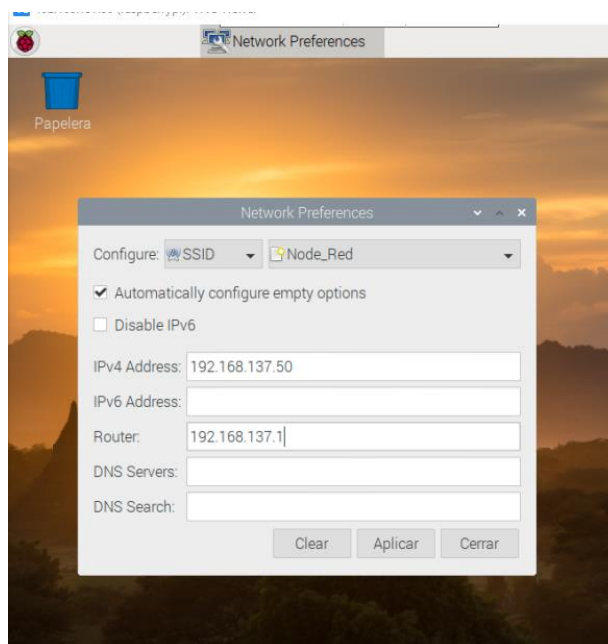
Figura 4.10 Asignación de Gateway y Mascara de Red.

```
IPAddress gateway(192,168,137,1);  
IPAddress subnet(255,255,255,0);
```

4.2.2.2 Asignación de Raspberry PI

En caso de la raspberry pi la asignación se la hace de forma manual como se observa en la figura 4.11 con direccionamiento estático, estableciendo dirección del dispositivo, dirección de Mascara de Red Junto con la dirección de Gateway o puerta de enlace.

Figura 4.11. Asignación de dirección de Host, Gateway y Mascara de Red



4.2.3 Configuración de comunicación entre Dispositivos

Se establece la comunicación con el Dispositivo que hará de servidor dentro de la red como se muestra en la figura 4.12., para este caso se establece una Raspberry a la cual

se debe anclar las peticiones y solicitudes, junto con los datos de la red a conectarse tales como Nombre, contraseña tanto de la red como del dispositivo a vincular adicional a su dirección IP establecida.

Figura 4.12. Parámetros de conexión.

```
const char* mqtt_topic = "espl";
const char* mqtt_username = "pi";
const char* mqtt_password = "1234";
const char* ssid = "Node_Red";
const char* password = "12345678";
const char* mqtt_server = "192.168.137.50";//rasberry
```

Finalmente, a partir de un Puerto serial podemos observar la dirección que se asigna de forma automática por medio del servicio DHCP como se observa en la figura 4.13.

Figura 4.13. Asignación Automática de dirección IP

```
0.00
rll0$0$1$|0^0$01$^c|$$p0$ffff$0$^c$NN$loo$fb^b0p$dr1rlp$0$00^0$^d0
Connecting to Node_Red
.....
WiFi connected
IP address:
192.168.137.219
---
```

La asignación de direcciones IP para los módulos ESP8266 es de manera automática sin embargo se establecen direcciones estáticas para el direccionamiento de la información recopilada de los módulos hacia la Raspberry además de las direcciones establecidas para el funcionamiento de la Red de tal forma se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Tabla de direccionamiento IP

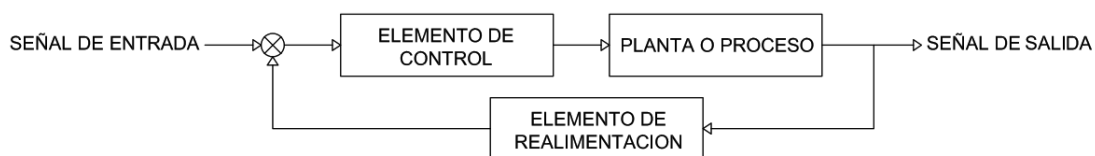
Descripción	Dinámica o Estática	Dirección IP
Raspberry PI	Estático	192.168.137.50
Gateway	Estático	192.168.137.1
ESP8266	Dinámico	Asignación Automática
Host Cliente	Dinámico	Asignación Automática

El direccionamiento estático de la Raspberry se realiza de forma estática para direccionar al protocolo de Red MQTT de tal manera los dispositivos externos pueden establecer una comunicación directa en el cual puedan realizar peticiones y su respectiva respuesta al requerimiento.

4.3 SISTEMA DE CONTROL DEL DHC

Para el sistema de control del DHC se ha implementado un control en lazo cerrado como se indica en la figura 4.14. debido a que la salida de la señal depende directamente de la variable de nivel presente en el reservorio secundario.

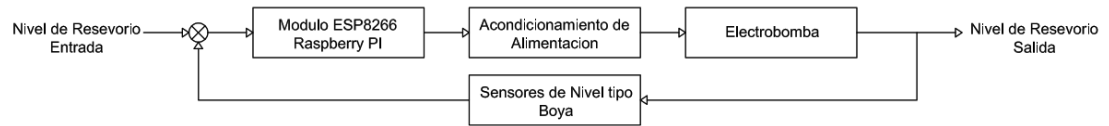
Figura 4.14. Diagrama de Control DHC.



De tal manera se establecen los elementos para el diagrama de control en el cual los elementos de control son el Módulo ESP8266 y el dispositivo Raspberry PI, se incluye un bloque de acondicionamiento de alimentación que representa el cambio de potencial del voltaje de 5VDC a 12 VDC para el accionamiento de la planta en este

caso refiriéndose a la activación de la electrobomba dicho diagrama se encuentra especificado en la figura 4.15.

Figura 4.15. Diagrama de Control DHC.



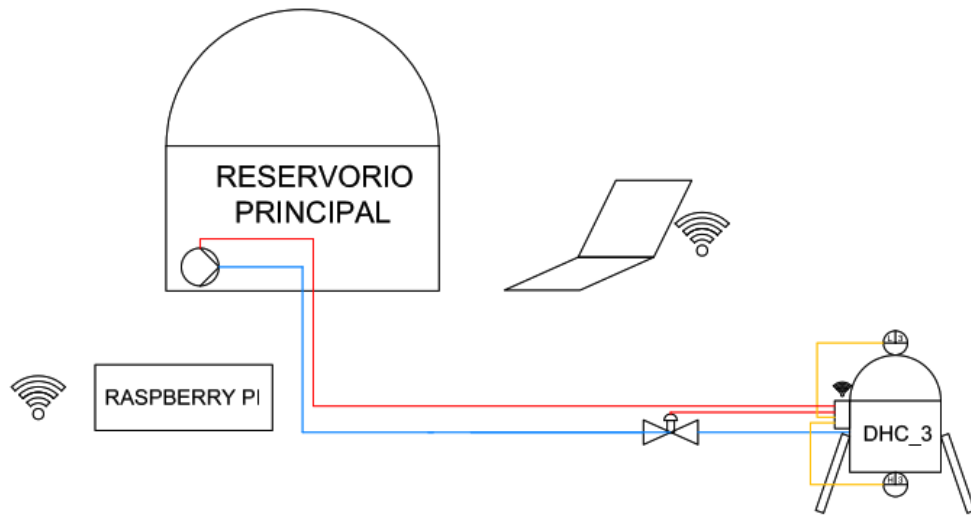
La retroalimentación se realiza por medio de los sensores de nivel tipo boya que nos indicaran valores de nivel alto, medio y bajo.

En el caso del sistema de control se obtienen los datos del módulo ESP8266 conectados a entradas digitales, que serán dos sensores tipo boya para dar señales de Nivel Bajo, Medio y alto. Además, se configura el cumplimiento de ciclos de trabajo de tal manera de pueda tener un valor correspondiente a ciclos de trabajo

El ciclo de trabajo cuenta desde que las bombas detectan que el reservorio principal está vacío, en consecuencia, se activa la electrobomba que llena el reservorio completamente, de allí el programa está configurado para que únicamente cuando el reservorio de un nivel bajo para volverlo a llenar, es decir no da la orden de volver a activar la bomba si el tanque se encuentra en nivel medio.

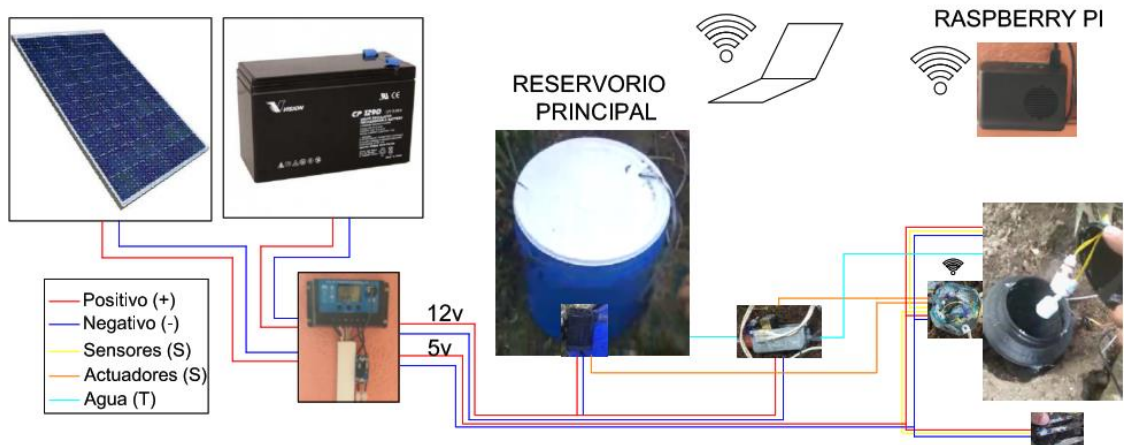
A continuación, se indica la distribución de los elementos de control y actuadores involucrados en la figura 4.16.

Figura 4.16. Ubicación de elementos de control y fuerza



La distribución de los equipos para la automatización del DHC se manifiesta de la siguiente manera, se cuenta con un sistema autónomo de energía que consta principalmente de un panel fotovoltaico de 10W una batería de almacenamiento de energía y un controlador de carga el cual incluye la etapa de acondicionamiento para los circuitos de fuerza, control y comunicación como se muestra en la figura 4.17.

Figura 4.17. Ubicación de elementos de control y fuerza



El reservorio Principal cuenta con una electrobomba sumergible que distribuye el recurso hídrico según sea el caso de petición de llenado desde el Servidor Principal (Raspberry PI), los elementos de sensado conectados a la red de alimentación de 5VDC son los sensores de nivel tipo boya además del sensor de humedad. Además del módulo ESP8266 que cuenta con protocolo de comunicación 802.11 b/g/n support.

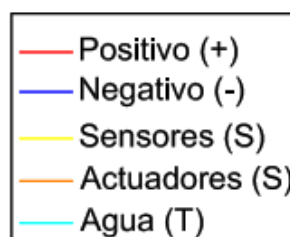
Se ha asignado diferentes colores para ejemplificar las diferentes líneas establecida en el Figura anterior.

Con respecto a la alimentación de los circuitos las líneas Rojas corresponden al terminal positivo de la alimentación ya sea para 5VDC o para 12 VDC y su respectivo negativo tomando.

Las señales de entradas de datos están son de color amarillo tanto como para los sensores de nivel tipo boya como para el sensor de humedad, mientras que las señales de salida para la activación de los actuadores están colocadas de color naranja estas señales se dirigen y provienen directamente al ESP8266 para ser interpretadas y enviadas a la Raspberry PI.

Y finalmente se tiene de color azul a las mangueras que son encargadas de distribuir el recurso hídrico, están conectadas a los actuadores y son el puente entre el reservorio Principal y secundario del dispositivo Hidratador de Cultivo dichos colores se encuentran especificados en la figura 4.18.

Figura 4.18. Ubicación de elementos de control y fuerza



Internamente se tienen implementados dos sensores indicados en la figura 4.19 de tipo boya los cuales van a dar las señales de Nivel alto, medio y bajo, los cuales físicamente se encuentran ubicados a difetente nivel.

Figura 4.19 Sensores tipo Flotador en DHC.



Se estableció una lógica de control de tal manera que si el sensor ubicado en la sección más baja se encuentra desactivado y el sensor ubicado en la parte más alta esta desactivado el nivel del tanque se debe considerar como bajo, en el caso de que el sensor ubicado en la sección más baja se encuentra activado y el sensor ubicado en la parte más alta esta desactivado el nivel del tanque se debe considerar como medio y en el caso de que el sensor ubicado en la sección más baja se encuentra activado y el sensor ubicado en la parte más alta esta activado el nivel del tanque se debe considerar como alto como se muestra a continuación en la figura 4.20

Figura 4.20 Lógica de Control dos Sensores Nivel tipo Boya.



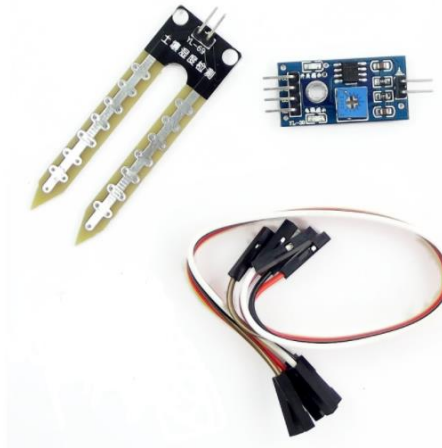
La implementación del sensor de humedad indicado en la figura 4.21 está ubicada en la periferia del cultivo que se desea hidratar, es decir debe estar en un lugar periférico al dispositivo hidratador de cultivo.

Figura 4.21 Sensor de Nivel de Humedad



El sensor de nivel de humedad indicado en la figura 4.22 cuenta con un módulo de escalamiento de la señal de 0 a 255, esta escala se procede por medio de algoritmos matemáticos a transformarla en una magnitud porcentual. Además de tener una Alimentación de 3.3 – 5VDC el cual es ideal para la implementación del sistema actual.

Figura 4.22. Sensor de Nivel de Humedad elementos



El Sensor de Humedad cuenta con un modulo de procesamiento indicado en la figura 4.23 el cual dispone dos tipos de salidas, una digital y otra analogica, para el presente proyecto se utilizó la salida analogica.

Figura 4.23. Modulo del Sensor de Nivel de Humedad.



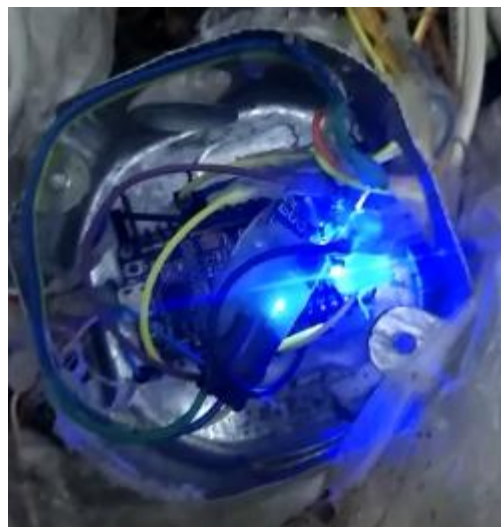
El modulo de comunicación ESP8266 empesado para esta aplicación indicada en la figura 4.24. cuenta con una entrada analogica que se a utilizado para recibir los datos de sensor de Humedad, ademas de contar con un dodulo de comunicación WIFI 802.11b/g/n en banda de frecuencia de 2.4GHz.

Figura 4.24 Modulo ESP8266.



En campo el modulo ESP8266 se ubica a la interperie de tal manera se requiere almccenarlo en una caja de paso aislada con recubrimiento plastico para evitar el ingreso de humedad como se muestra en la figura 4.25 y lograr que se filtre agua que impida el funcionamiento del dispositivo de comunicaci3n.

Figura 4.25 Modulo ESP8266 ubicado en campo.



4.4 APLICATIVO CONECTADO A LA RED.

4.4.1 Arquitectura de DashBoard

El sistema de control de riego tiene una arquitectura indicada en la figura 4.26. que permite al usuario visualizar datos históricos y datos en tiempo real correspondiente a un solo Dispositivo Hidratador de cultivo junto con los datos de Registro.

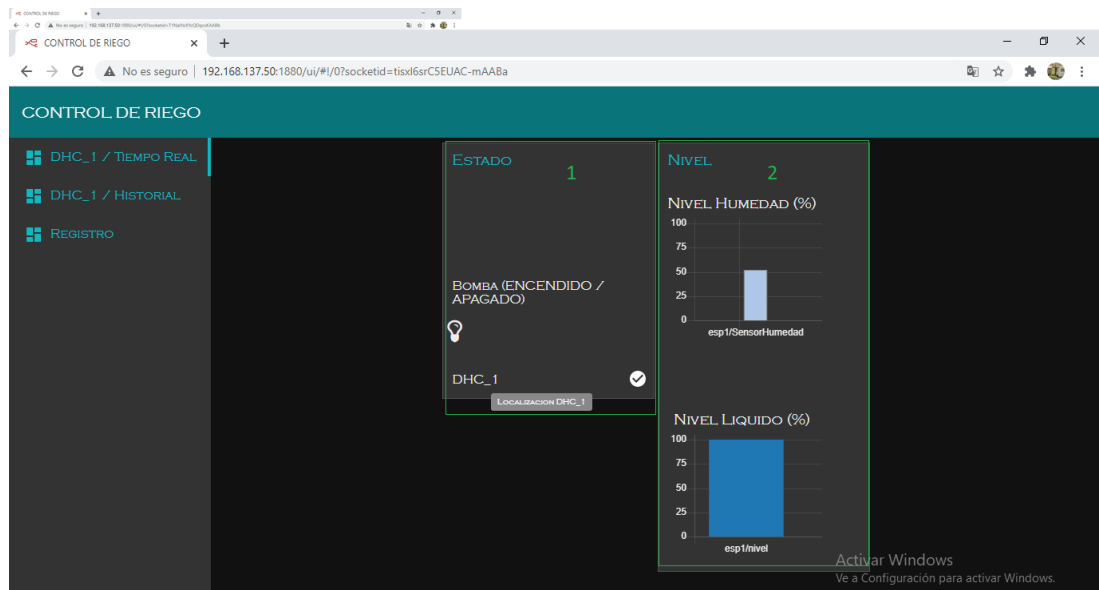
Figura 4.26. Grupos establecidos del DashBoard



4.4.2 Dashboard DHC_1 Tiempo Real

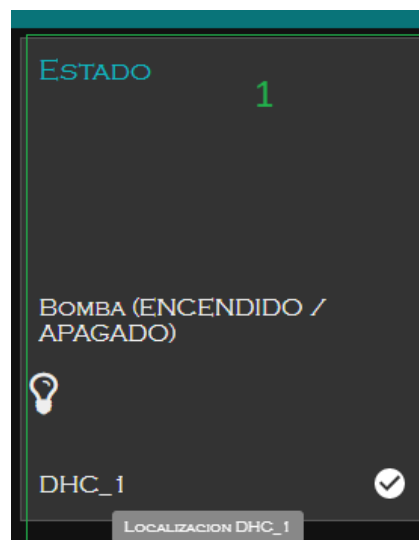
En la pantalla de tiempo real que se indica en la figura 4.27. disponemos de dos tipos de grupos los cuales son:

Figura 4.27. Dashboard DHC_1 Tiempo Real.



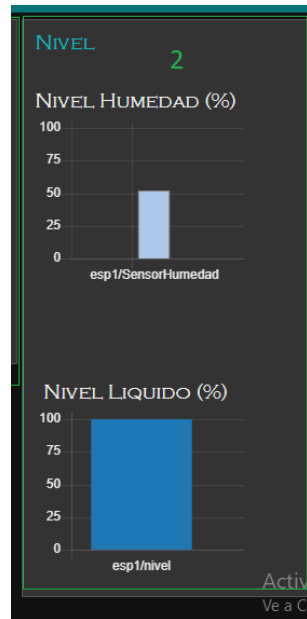
Estado. – En el grupo 1 que se indica en la figura 4.28. se muestra información del tipo de conmutación que tiene el sistema en cuanto a la bomba si esta se encuentra encendida o apagada, junto con un Indicador de visualización del DHC_1 en campo, dicha opción tiene la finalidad de encender un indicador LED para poder ubicar el dispositivo en caso de necesitar acceder a el mismo en un mantenimiento.

Figura 4.28. Dashboard DHC_1 Tiempo Real/ Estado.



Nivel. – En el grupo 2 que se indica en la figura 4.29. se muestra información de las entradas que se tiene en el sistema estos son los datos de humedad y el nivel de Liquido ambas escaladas en valor porcentual y de forma gráfica ya que la barra crece o disminuye dependiendo del nivel que este posea.

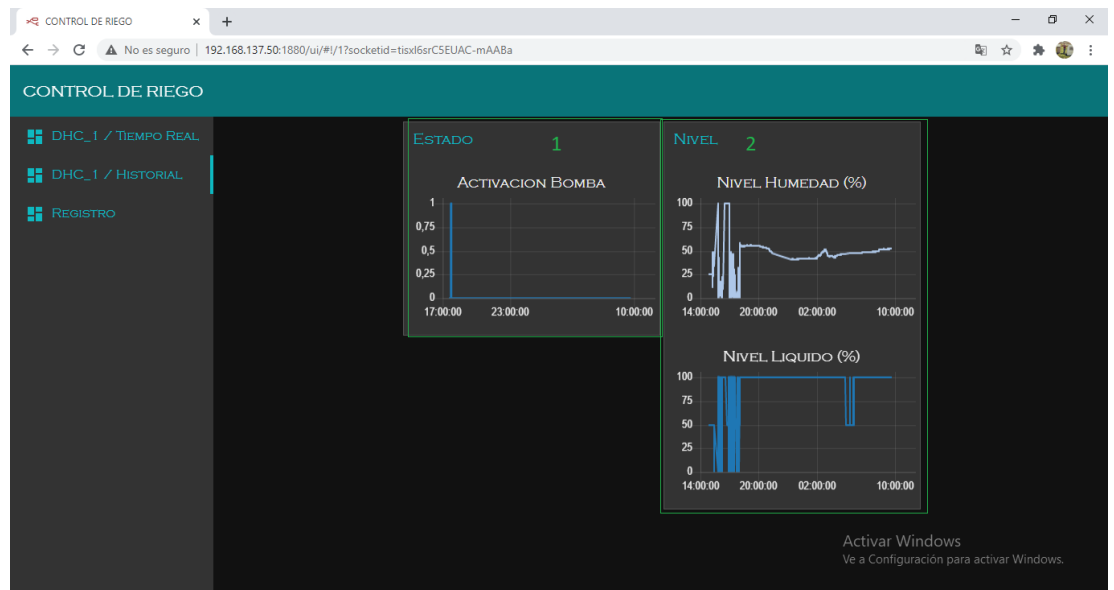
Figura 4.29. Dashboard DHC_1 Tiempo Real / Nivel.



4.4.3 Dashboard DHC_1 Historial

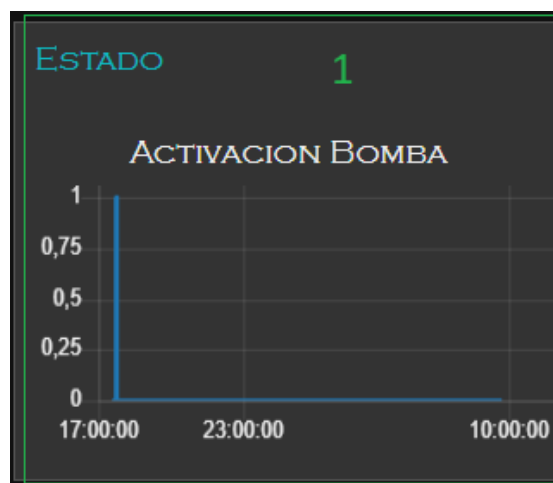
En la pantalla de historial indicada en la figura 4.30. de igual manera disponemos de dos tipos de grupos que nos permite visualizar graficas con respecto al tiempo los cuales son:

Figura 4.30. Dashboard DHC_1 Historial.



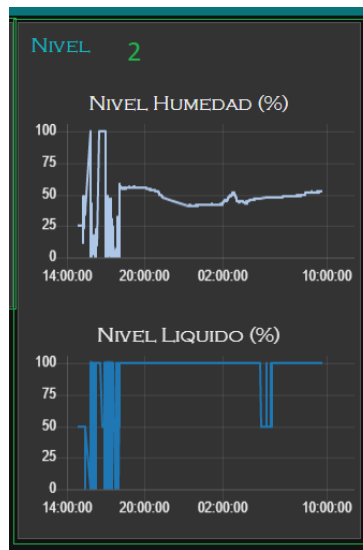
Estado. – En el grupo 1 que se indica en la figura 4.31. se muestra la activación de la bomba con respecto al tiempo como flanco de subida en el cual se puede visualizar la hora en la cual se ha activado y por cuanto tiempo

Figura 4.31. Dashboard DHC_1 Historial / Estado



Nivel. – En el grupo 2 que se indica en la figura 4.32. se muestra información gráfica de la magnitud con respecto al tiempo del nivel de humedad y liquido observando posibles picos de datos.

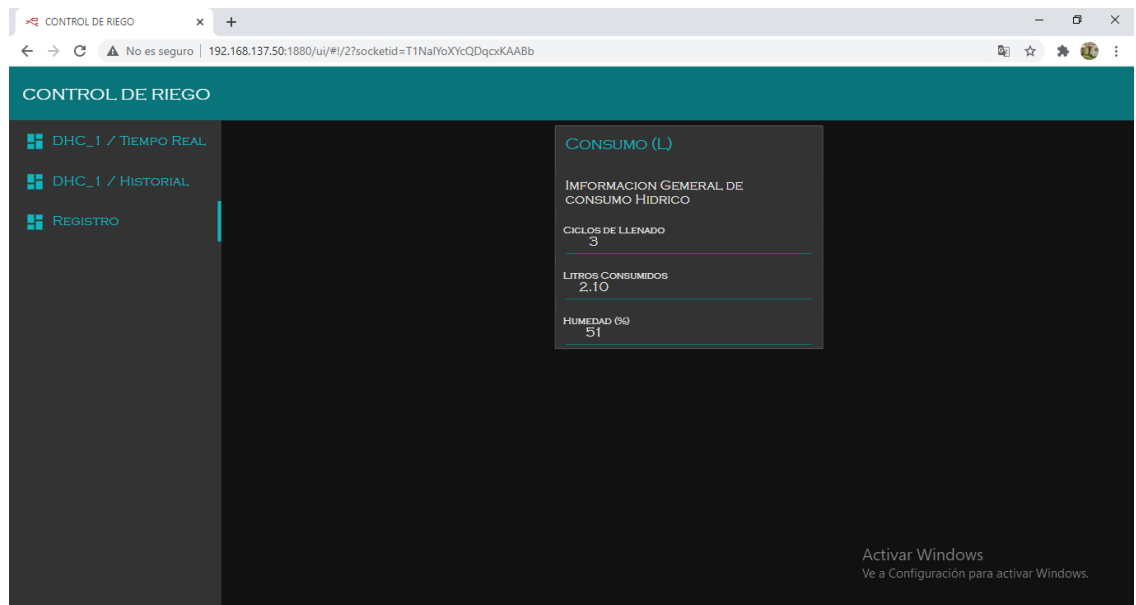
Figura 4.32. Dashboard DHC_1 Historial / Nivel.



4.4.4 Dashboard Registro

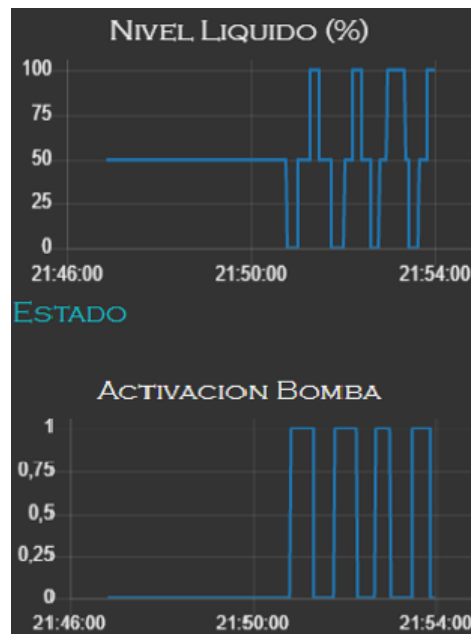
La opción de Registro que se muestra en la figura 4.33. se indica datos tales como el número de ciclos de trabajo, litros consumidos por el sistema de hidratación de cultivo y Humedad Porcentual presente en el ambiente, el dato de los litros consumidos tiene un pre-escalamiento el cual multiplica los ciclos de trabajo por la constante K que es igual al volumen de líquido que se puede albergar en el Dispositivo Hidratador de Cultivo.

Figura 4.33. Dashboard Registro



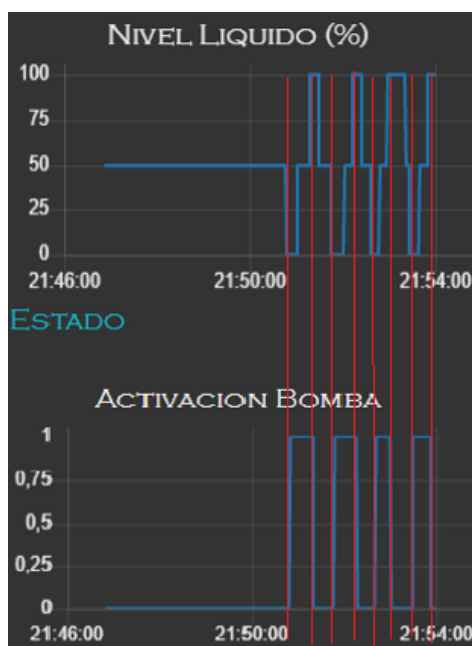
Para las pruebas de funcionamiento se forzaron condiciones de nivel para observar el comportamiento de la señal de activacion de la bomba frente a las señales recibidas al nivel como se muestra en la figura 4.34.

Figura 4.34. Graficas en tiempo Real



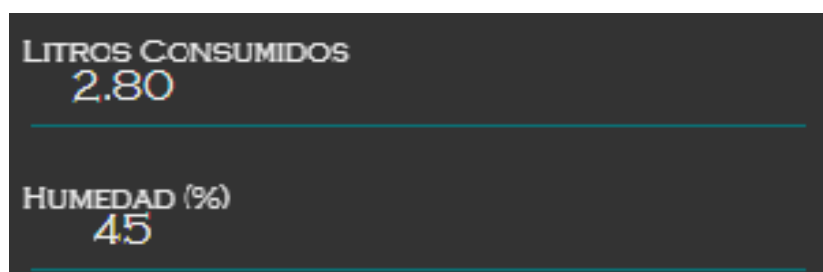
Así se comprobó la activacion de la bomba por ciclos de trabajo, como se puede observar en la grafica la activacion, las lineas rojas marcan la activacion y desactivacion de la bomba, al compararlas con la grafica de nivel se puede observar que la transicion solo se dá en los niveles alto y bajo del reservorio como se indica en la figura 4.35.

Figura 4.35. Graficas Nivel de Liquido Vs Activación de Bomba.



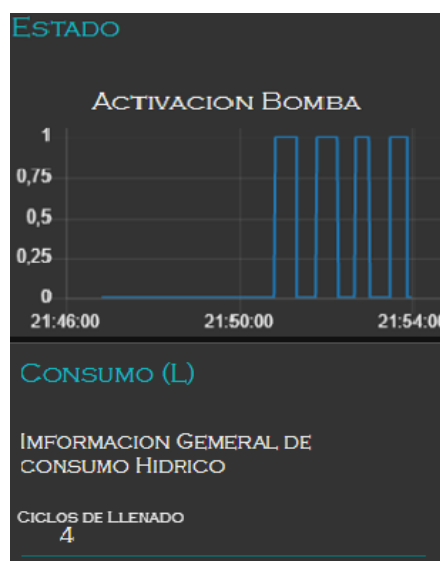
Con la informacion adquirida se obtiene una aproximacion de los litros consumidos desplegado en la pantalla de registro de datos como se muestra en la figuea 4.36.

Figura 4.36 Consumo de Litro.



También se verificó el correcto funcionamiento con respecto a la activación de la bomba y los ciclos de trabajo detectados, como se puede observar en la gráfica para este ejemplo existieron cuatro activaciones directas de la bomba que establecerían 4 ciclos de trabajo como se muestra en la figura 4.37

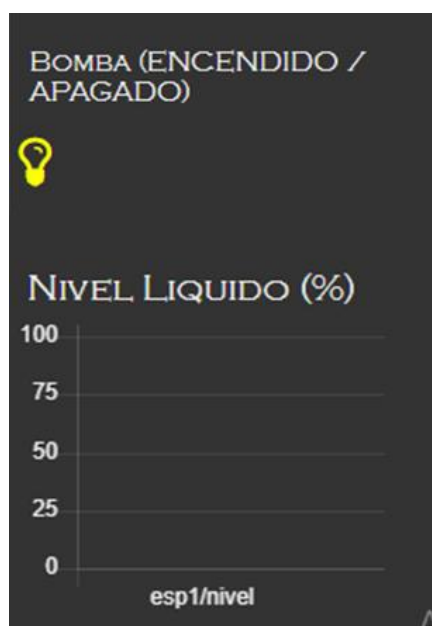
Figura 4.37. Activación de Bomba Vs registro de Ciclos de Trabajo Historial



En la opción de tiempo real que nos despliega el sistema se obtiene 4 diferentes tipos de estados para la activación y desactivación de la Electrobomba.

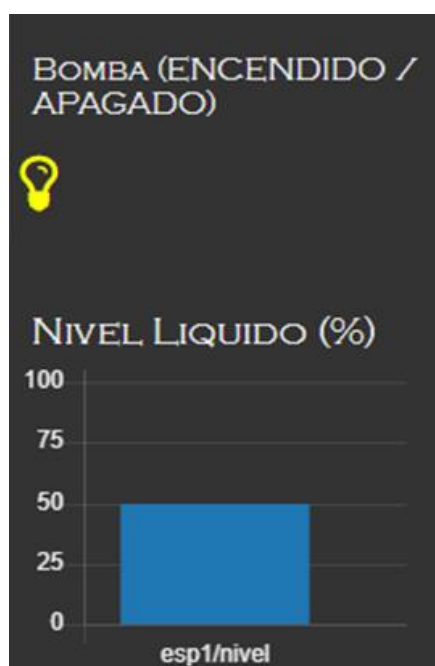
El primer caso se obtiene cuando el nivel de líquido está en 0% esto indica al sistema que debe llevar el reservorio por tanto la bomba estará activa indicando en la pantalla de tiempo real la siguiente información indicada en la figura 4.38.

Figura 4.38. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Primer Caso



El segundo caso se produce como consecuencia de la situación anterior, es decir el nivel del reservorio secundario comienza a elevarse y se da la señal que nos indica que el nivel de líquido subió a medio, en consecuencia la bomba seguira activada hasta cumplir con el ciclo de trabajo como se indica en la figura 4.39.

Figura 4.39. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Segundo Caso



Cuando el reservorio termina de llenarse instantaneamente la electrobomba se apaga para evitar desbordes y cumpliendo el ciclo de trabajo como se indica una figura 4.40..

Figura 4.40. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Tercer Caso



En el cuarto el nivel de líquido es igual al segundo caso sin embargo el algoritmo está diseñado para que el reservorio sea llenado únicamente cuando este se vacíe por completo para poder establecer ciclos de trabajo y calcular un consumo aproximado en consecuencia para este caso la electrobomba permanece apagada como se muestra en la figura 4.41.

Figura 4.41. Estado de la bomba Vs Nivel en Tiempo Real Cuarto Caso



CONCLUSIONES

Al implementar el sistema de autonomía energética se logró alimentar los circuitos correspondientes a los sensores, actuadores y módulos de control y comunicación establecidos para este sistema brindando una fuente ininterrumpida de carga por medio de un sistema de carga con panel solar, sistema de control de carga y batería de almacenamiento de energía.

El sistema de comunicación local direccionada a la red pudo realizar exitosamente las peticiones de llenado además del envío continuo de datos del nivel de agua y humedad por medio de la conexión inalámbrica 802.11 b/g/n 2.4 GHz obteniendo la recepción y envío de datos tanto del dispositivo conectado al DHC_1 como a los equipos de tipo servidor (Raspberry PI) y una computadora externa.

El sistema automático de control y monitoreo pudo llenar el DHC haciendo uso de algoritmos, comunicación entre dispositivos estableciendo el punto máximo de capacidad del reservorio que permitieron evitar el desborde de recurso hídrico.

El aplicativo conectado a la red por medio de DashBoard de Node Red permitió visualizar los datos correspondientes al nivel de Agua y Humedad junto con las señales de los actuadores de una forma legible y organizada además del establecimiento de consumo con ciclos de trabajo junto con operaciones matemáticas se pudo determinar el consumo aproximado recurso hídrico, dichos datos son desplegados de manera ordenada para la interpretación del usuario.

RECOMENDACIONES

En caso de necesitar ubicar el Dispositivo que será empleado como servidor en la red de alimentación de los paneles fotovoltaicos es necesario un elemento de control de carga que apropiado para proporcionar la suficiente corriente (A), dado que en este proyecto se utilizó una salida de 2 AMP que fue suficiente para la alimentación de los elementos de sensado y comunicación, si se desea implementar la Raspberry se debe tomar en cuenta que su consumo es de 3AMP.

Los módulos ESP8266 trabajan con una banda establecida de 2.4GHz de tal manera son incompatibles con router que solo tengan canales de distribución pertenecientes a bandas de 5GHz. Al momento de realizar la petición de Direccionamiento Dinámico el módulo entrará peticiones constantes que no serán atendidas por el router en consecuencia no se podrá conectar a la Red.

Los ciclos de llenado para el Dispositivo hidratador de cultivo son extensos aproximadamente entre 7 y 10 días de tal forma se podría mejorar el manejo de datos variando el tiempo de envío y recepción del nivel del reservorio secundario. Además de implementar un sistema de nivel para el reservorio principal.

En caso de tener una cantidad mayor de numero de Módulos ESP8266 revisar los Topic asignado para cada uno de ellos debido a que en la conectividad con Node Red no es necesario la asignación de una dirección IP, en consecuencia, se podrían tener señales cruzadas.

REFERENCIAS

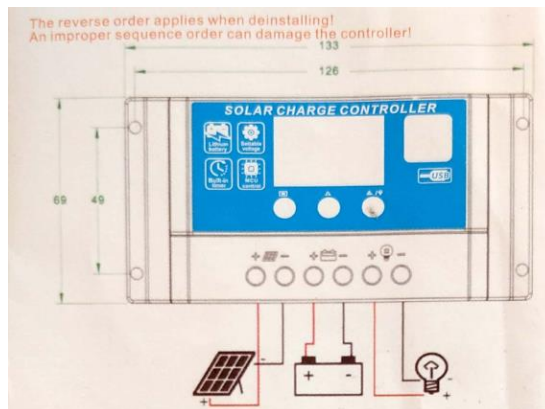
- Cepeda, J. (2018). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Díaz, G. (2018). *Estudio y diseño de una red inalámbrica Wi-Fi para servicio de internet público gratuito en el Terminal Terrestre Green Center de la Ciudad de Esmeraldas*. . Guayaquil: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL .
- Eliseo, S. (26 de Junio de 2018). *Eliseo Sebastian Energua solar*. Obtenido de <https://eliseosebastian.com/componentes-de-un-sistema-solar-fotovoltaico/>
- Foundation, O. (2020). *Fundación OpenJS*. Obtenido de OpenJS Foundation: <https://nodered.org/about/resources/>
- Grijalva&Velez. (2020). *Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: caso de estudio Unidad educativa Dr. Francisco Falquéz Ampuero*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Iturralde, S. (2017). *Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control*. Santa Elena: UPSE.
- PERPIÑÁN, O. (2015). ENERGÍA SOLAR. En C. COMMONS. A Coruña.
- Regaber, I. (13 de 6 de 2016). *Riego por goteo en patata*. Obtenido de Interempresas: <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/158131-Riego-por-goteo-en-patata.html>
- Rivera. (2019). *Diseño de implementos para optimizar los procesos de plantación*. Quito: PUCE.
- Tintin, V. (2018). *Arquitectura de redes de información. Principios y conceptos*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Villasenor, M. (2016). Problemas Comunes con Bombas Centrífugas Verticales. *EnviroTech Pumpsystems Inc*, 6.

ANEXOS

5.1 MANUALES TECNICOS, ANEXOS Y UBICACIÓN EN CAMPO.

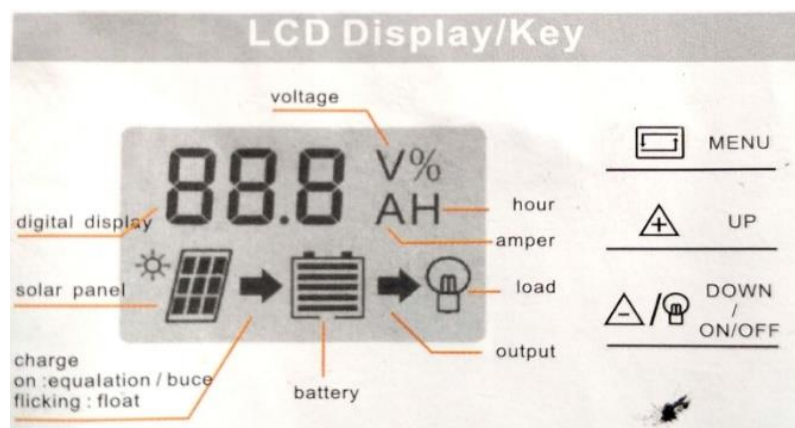
El diagrama eléctrico esta realizado según las instrucciones de conexión visualizadas en el manual de dispositivo controlador de carga tomando en cuenta la polaridad del panel fotovoltaico además de la batería de respaldo de energía como se muestra en la Figura 5.1.

Figura 5.1 Conexión del Controlador de Carga



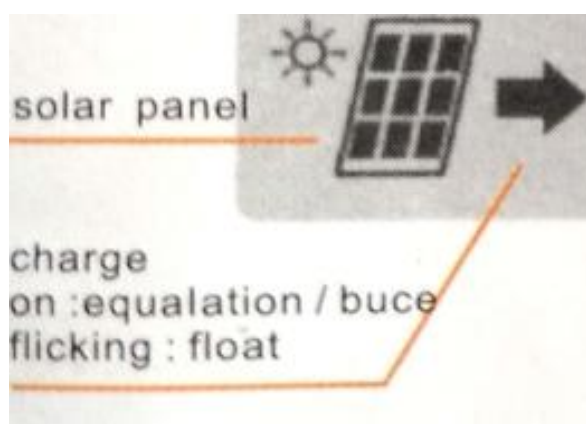
El controlador de carga contiene un display se puede observar información correspondiente al sistema autónomo de energía, además de botones para la activación y desactivación del voltaje de salida, entre los datos más importantes se destacan como se muestra en la Figura 5.2.

Figura 5.2. Display del Controlador de carga solar.



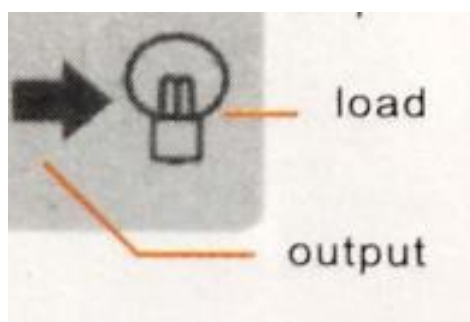
El **indicador del panel solar** que muestra si se tiene incidencia de energía a través de las láminas de silicio por presencia de rayos solares además de un indicador tipo flecha que indica si el sistema está suministrando energía directamente hacia la batería como se muestra en la Figura 5.3.

Figura 5.3. Indicador de panel Solar



El indicador de conmutación indica si se tiene presencia de voltaje tanto en los terminales de salida del sistema hacia la carga como en los puestos USB que se encargan de alimentar al circuito de control y comunicación si la flecha se encuentra ausente el sistema no está entregando alimentación a la salida como se muestra en la Figura 5.4.

Figura 5.4. Indicador de Conmutación de carga



Además, cuenta con un indicador de nivel de batería de cinco niveles de tal manera se puede observar si el sistema se encuentra sin carga o requiere desconectar las cargas con el pulsador de activación de ser necesario como se muestra en la Figura 5.5.

Figura 5.5. Nivel de Batería de Respaldo



El Dispositivo Hidratador de cultivo en su forma de funcionamiento va cubierto en aproximadamente en un 50% de su estructura de tal manera se puede tener una mayor incidencia sobre las raíces del cultivo, como se muestra en la Figura 5.6.

Figura 5.6. Ubicación del Dispositivo Hidratador de Cultivo



Para la implementación del sistema de automatización se han realizado algunos cambios en el dispositivo tales como son los orificios tanto para la salida del cableado de sensores tipo boya que indicaran el nivel como se indica en la figura 5.7., además de un orificio adicional para el ingreso de manguera plástica que tendrá la finalidad de transportar como medio el recurso hídrico desde el reservorio principal.

Figura 5.7. Ubicación del Dispositivo Hidratador de Cultivo



Se utilizó cajas de paso para el aislamiento de los circuitos de control mando y comunicación de tal manera que estos guarden un grado de hermeticidad para protegerlos contra salpicaduras de agua como se muestra en la figura 5.8.

Figura 5.8. Fijación de elementos en campo



Los elementos electronicos estan cubiertos por una placa de roca en forma de arco para cubrirlos de la interperie de tal manera los dispositivos se encuentran aislados de condiciones climaticas como la lluvia como se indica en la figura 5.9..

Figura 5.9. Recubrimiento de elementos electrónicos



El reservorio principal que se indica en ña figura 5.10. se encuentra ubicado en campo el cual cuenta con una manguera que sale del mismo con el proposito de alvergar recurso hidrico y avastecer en caso de que el repositorio secundario se quede sin agua.

Figura 5.10. Reservorio Principal.



Se cuenta con una electrobomba sumergible que se encuentra ubicada en el interior del reservorio principal la misma cuenta con su propio cable de alimentacion como se indica en la figura 5.11.

Figura 5.11. Reservorio Principal y Electrobomba sumergible.



Esta electrobomba sumergible que se indica en la figura 5.12. dispone de un solo orificio para conectar la manguera de salida, puesto que las ranuras ubicada en su parte frontal succiona el agua con la ayuda de un motor interno.

Figura 5.12. Electrobomba Sumergible.



El punto máximo de trabajo es de 1.5m de altura como se muestra en la figura 5.13., para este sistema los equipos se encuentran a una misma altura sin embargo este sistema puede trabajar sin interrupciones en ambientes que no sobrepasen dicha altura.

Figura 5.13. Datos Técnicos Electrobomba Sumergible



La electroválvula visualizada en la figura 5.14. se activa junto con la electrobomba con una misma señal, esto se puede realizar debido a que existe unicamente un solo DHC, de existir un mayor numero la señal debe de establecerse de acuerdo al Topic asignado al ESP8266.

Figura 5.14. Electroválvula



La activacion y desactivacion de la electrobomba se realizará por medio de un rele de 5VDC indicada en la figura 5.15., el cual recibe el dato desde el modulo ESP8266 junto con su alimentacion y conmuta los contactos NC y NO, para este proyecto se usó el contacto normalmente abierto disponible en la placa HW-482.

Figura 5.15. Datos Técnicos Electrobomba Sumergible



La activación de la señal se puede visualizar en el LED incorporado a la placa con una logica directa, es decir cuando el LED se encuentra encendido la Electrobomba se encuentra operativa, mientras que cuando el LED esta apagado se encuentra desactivado el suministro de recurso hidrico como se indica en la figura 5.16.

Figura 5.16. Activación y desactivación del Relé

